

EFEK PEMASANGAN ISOLATOR TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR LPG MESIN SANGRAI BIJI KOPI INDUSTRI KECIL

Intan Hardiatama^{1,*}, Muhammad Trifiananto²

^{1,2} Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan No37 Kampus Bumi Tegal Boto Jember, Kode Pos 68121

*E-mail: intan.hardiatama@unej.ac.id

Diterima: 30-10-2018

Direvisi: 06-11-2018

Disetujui: 01-12-2018

ABSTRAK

Biji kopi di Kabupaten Jember terus ditingkatkan produksinya seiring dengan perluasan lahan tanam baru. Lahan tanam kopi baru ditambah 9 hektar berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kabupaten Jember dari tahun 2008. Produksi biji kopi di Kabupaten Jember pada tahun 2011 berjumlah 28.961,79 kuintal, dari 22.080,47 kuintal untuk tahun 2010. (Budiharjo, 2014). Peningkatan hasil produksi biji kopi dan luas lahan tidak diikuti dengan tingkat kemakmuran petani pemilik lahan kopi (Budiharjo, 2014). Salah satu teknologi tepat guna untuk meningkatkan nilai jual produk kopi yaitu penyangraian dan pengemasan. Metode penyangraian yang digunakan sangat mempengaruhi kualitas dan mutu kopi. Penelitian ini terfokus pada variasi isolator yang diterapkan pada mesin sangrai. Tujuan penelitian ini mengetahui laju kehilangan panas dari mesin sangrai kopi setelah diberikan penambahan isolator dan mengetahui berapa biaya produksi kopi dengan menggunakan mesin sangrai yang diberikan penambahan isolator. Penelitian secara eksperimen menggunakan mesin sangrai kopi berbahan bakar LPG dengan kapasitas 10 kg. penelitian dilakukan dengan memvariasikan isolator yang digunakan antara lain tanpa isolator, penambahan *aluminium foil*, penambahan *glass wool*, penambahan serbuk kayu, penambahan *glass wool* dan *extruded polystyrene foam*, yang terakhir penambahan serbuk kayu dan *extruded polystyrene foam*. Pengambilan data dilakukan menggunakan sensor temperatur dan data logger dengan empat buah termokopel tipe K mak 6675. Selain pengambilan data temperatur juga dilakukan pengambilan data konsumsi LPG. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin kecil konduktivitas termal suatu bahan isolator, *heat ratenya* juga semakin rendah sehingga konsumsi bahan bakar semakin minim.

Kata Kunci: *data logger, isolator, lpg, mesin sangrai kopi, termokopel*

ABSTRACT

Coffee beans in Jember Regency continue to be increased in line with the expansion of new crop fields. New coffee plantations plus 9 hectares were based on data from the Jember Regency Statistics Agency from 2008. Coffee bean production in Jember District in 2011 totaled 28,961.79 quintals, from 22,080.47 quintals for 2010. (Budiharjo, 2014). The increase in coffee bean production and land area is not followed by the level of prosperity of coffee farmers who own the land (Budiharjo, 2014). An appropriate technology to increase the selling value of coffee products are roasting and packaging. The roasting method used greatly affects the quality of coffee. This study focused on the variation of insulators applied to roasting machines. The purpose of this study was to determine the rate of heat loss from the coffee roaster machine after being given the addition of an insulator and find out how much coffee production costs using a roaster machine which was given the addition of an insulator. Experimental research using a coffee roaster machine with LPG fuel with a capacity of 10 kg. Research was carried out by varying the insulators used such as without insulators, adding aluminum foil, adding glass wool, adding wood powder, adding glass wool and extruded polystyrene foam, the last addition wood powder and extruded polystyrene foam. Data retrieval was carried out using a temperature sensor and data logger with four thermocouple types K mak 6675. In addition to data retrieval of temperature, LPG consumption

data was also collected. The results showed that the smaller thermal conductivity of an insulating material, produced lower heat ratio and lower fuel consumption.

Keywords: data logger, insulator, lpg, coffee roaster machine, thermocouple

PENDAHULUAN

Biji kopi di Kabupaten Jember terus ditingkatkan produksinya seiring dengan perluasan lahan tanam baru. Lahan tanam kopi baru ditambah 9 hektar berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kabupaten Jember dari tahun 2008. Produksi biji kopi di Kabupaten Jember pada tahun 2011 berjumlah 28.961,79 kuintal, dari 22.080,47 kuintal untuk tahun 2010, [1].

Peningkatan hasil produksi biji kopi dan luas lahan tidak diikuti dengan tingkat kemakmuran petani pemilik lahan kopi [1]. Teknologi pasca panen perlu diterapkan untuk memberikan nilai tambah produksi kopi di Jember. Salah satu teknologi tepat guna untuk meningkatkan nilai jual produk kopi yaitu penyangraian dan pengemasan. Metode penyangraian yang digunakan sangat mempengaruhi kualitas dan mutu kopi. Penyangraian merupakan salah satu teknik pengolahan kopi dengan tingkat kebutuhan energi yang paling besar dibanding tahap pengolahan yang lain. Proses sangrai berpengaruh besar terhadap cita rasa kopi. Mesin sangrai dari segi desain dan standar keamanan sebagai pengolahan makanan sebenarnya sudah banyak beredar di masyarakat. Kelemahan alat sangrai yang beredar di pasaran terletak pada bahannya, yaitu dari bahan baja tahan karat (*stainless steel*) tanpa isolator. Baja tahan karat merupakan bahan konduktor, sehingga rentan menyebabkan kehilangan panas (*losses*). Kerugian panas akan menyebabkan konsumsi bahan bakar semakin bertambah besar. Bertitik tolak pada desain alat sangrai yang sudah ada (tanpa isolator pada *body*), akan dilakukan modifikasi alat sangrai dengan menambahkan isolator pada *body* terfokus pada ruang sangrai dan ruang bakar. Dengan adanya penambahan isolator, diharapkan dapat meminimalkan kehilangan panas (*losses*), sehingga konsumsi bahan bakar dapat ditekan.

Burlan dkk [2] melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan ketebalan isolator terhadap laju perpindahan panas. Digunakan triplek dengan ketebalan 3-9mm,

didapatkan hasil isolator triplek 9mm dapat meredam panas paling baik.

Berdasarkan beberapa penjelasan di atas, maka pada pengembangan penelitian ini dipilih bahan isolator berupa *aluminium foil*, *glass wool*, *extruded polystyrene foam* dan serbuk kayu dengan konduktivitas termal secara berurutan sebesar 0,000017 W/m.K; 0,043 W/m.K; 0,027 W/m.K dan 0,087 W/m.K, [3]. Untuk variasi pemasangan isolator khusus *foam* tidak berdiri sendiri ataupun dipasangkan dengan *aluminium foil*, melainkan dipasangkan dengan *glass wool* atau serbuk kayu dengan pertimbangan *foam* mudah leleh pada temperatur tinggi.

METODE PENELITIAN

Tahap Penelitian meliputi tahap pembuatan alat, tahap instalasi alat ukur, dan tahap pengujian.

1. Tahap Pembuatan alat

Pembuatan alat dilakukan di bengkel mesin dengan bahan *stainless steel foodgrade*, dengan lama pengerjaan 2 minggu

2. Tahap Instalasi alat ukur

Instalasi alat ukur berupa termokopel di pasang sesuai dengan gambar 1



Gambar 1. Posisi peletakan termokopel K

3. Tahap pengujian

Langkah pengujian yaitu sebagai berikut:

- Lapisi tabung luar dengan bahan isolasi *aluminium foil*
- Menghidupkan saklar mesin
- Mengatur thermostat pada suhu 200 C
- Aktifkan arduino uno dan termokopel K serta hubungkan dengan laptop

- e. Mesin dioperasikan selama 30 menit.
- f. Matikan mesin
- g. Turunkan suhu termostat secara bertahap
- h. Setelah dioperasikan selama 30 menit, tabung LPG ditimbang dan diukur berat awal dan akhir dengan menggunakan timbangan digital.
- i. Ganti lapisan *aluminium foil* dalam tabung dengan bahan isolator berikutnya dengan urutan sebagai berikut:
 - *glass wool*
 - serbuk kayu
 - *glass wool + extruded polystyrene foam*
 - serbuk kayu + *extruded polystyrene foam*
 - tanpa isolator

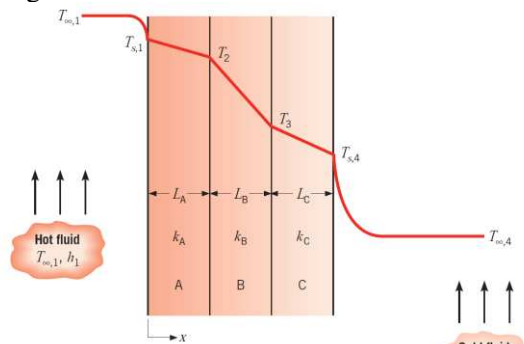
4. Tahap pengambilan data

Pengambilan suhu di 4 titik dilakukan tiap detik dan dicatat oleh data logger dengan bantuan perangkat arduino uno. Data selisih berat LPG awal dan akhir dicatat saat akan memulai dan setelah penelitian.

5. Analisa data

Data yang telah didapat berupa distribusi temperatur dan berat LPG diolah dengan menggunakan microsoft Excel dan dianalisa. Grafik uji karakteristik penggunaan isolator ditampilkan menggunakan program Microsoft Office Excel 2010.

Heat rate dihitung dengan menggunakan rumus dalam kasus *multilayer* dengan material yang berbeda



Gambar 2. Sirkuit panas pada kasus dinding *multilayer* [3]

$$q = -\frac{kA}{\Delta x} (T_2 - T_1) \quad (1)$$

$$q_x = -\frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,4}}{\left[\left(\frac{1}{h_{1A}} \right) + \left(\frac{L_A}{k_A A} \right) + \left(\frac{L_B}{k_B A} \right) + \left(\frac{L_C}{k_C A} \right) + \left(\frac{1}{h_{4A}} \right) \right]} \quad (2)$$

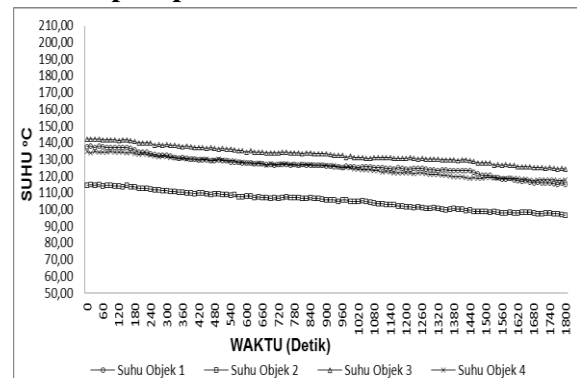
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Distribusi Temperatur

Data distribusi temperatur pada penelitian ini dilakukan menggunakan 4 buah termokopel tipe K max 6675 yang dihubungkan dengan perangkat arduino uno dan dapat melakukan pencatatan (data logger) suhu setiap detik. Posisi keempat termokopel seperti dijelaskan pada gambar 1, berikut keterangan gambar tersebut:

- Posisi termokopel 1 (T_1) diletakkan pada posisi atas silinder sangrai tepat di dekat cerobong keluaran asap.
- Posisi termokopel 2 (T_2) diletakkan di ruang pembakaran yakni di dekat sumber panas.
- Posisi termokopel 3 (T_3) diletakkan di silinder sangrai bagian ujung dan lebih dekat ke permukaan silinder.
- Posisi termokopel 4 (T_4) diletakkan di silinder sangrai bagian ujung dan berdekatan dengan pusat silinder (poros silinder).

a. Distribusi Temperatur Mesin sangrai tanpa lapisan isolator.

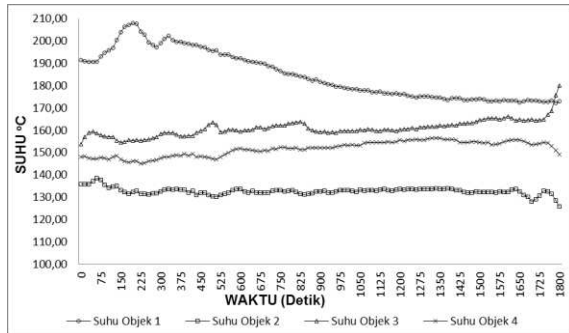


Gambar 3. Grafik distribusi temperatur mesin sangrai tanpa isolator

Grafik distribusi temperatur mesin sangrai tanpa lapisan isolator seperti yang ditunjukkan pada gambar 3 diatas menunjukkan bahwa pada ke empat objek mengalami penurunan suhu secara linier. Pada objek 1 temperatur awal sebesar 137,5°C dan temperatur akhirnya sebesar 115°C ($\Delta T = 22,5^\circ\text{C}$). Objek 2 temperatur awal sebesar 114,5°C dan temperatur akhir sebesar 96,5°C ($\Delta T = 18^\circ\text{C}$).

Objek 3 temperatur awal sebesar 142°C dan temperatur akhir sebesar $124,25^{\circ}\text{C}$ ($\Delta T = 17,75^{\circ}\text{C}$). Objek 4 temperatur awal sebesar $134,75^{\circ}\text{C}$ dan temperatur akhir sebesar $117,5^{\circ}\text{C}$ ($\Delta T = 17,25^{\circ}\text{C}$).

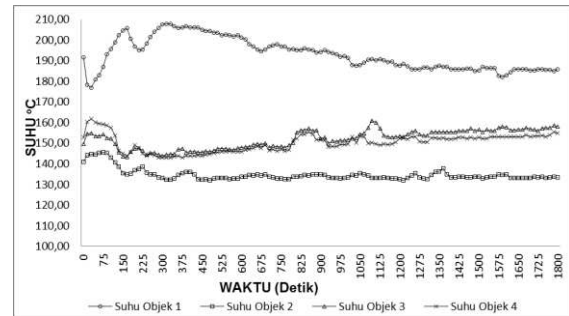
b. Distribusi Temperatur Mesin Sangrai yang Dilapisi *glass wool*



Gambar 4. Grafik distribusi temperatur mesin sangrai tanpa isolator dengan lapisan glaswool

Berkebalikan dengan grafik pada gambar 3, justru pada mesin sangrai setelah diberi isolator berupa *glass wool* memiliki distribusi temperatur yang lebih fluktuatif dibanding yang tidak diberi isolator. Grafik pada gambar 4 menunjukkan bahwa temperatur objek 1 dan 2 mengalami penurunan seiring pertambahan waktu, sedangkan temperatur objek 3 dan 4 mengalami peningkatan. Pada objek 1 temperatur awal sebesar $191,5^{\circ}\text{C}$ dan temperatur akhirnya sebesar 173°C ($\Delta T = 18,5^{\circ}\text{C}$). Objek 2 temperatur awal sebesar $135,75^{\circ}\text{C}$ dan temperatur akhir sebesar $125,75^{\circ}\text{C}$ ($\Delta T = 10^{\circ}\text{C}$). Objek 3 temperatur awal sebesar $153,75^{\circ}\text{C}$ dan temperatur akhir sebesar 180°C ($\Delta T = 26,25^{\circ}\text{C}$). Objek 4 temperatur awal sebesar 148°C dan temperatur akhir sebesar 149°C ($\Delta T = 1^{\circ}\text{C}$).

c. Distribusi Temperatur Mesin Sangrai yang Dilapisi *glass wool & Extruded Polystyrene foam*



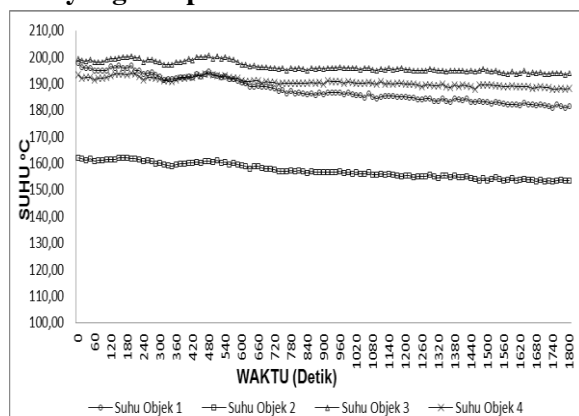
Gambar 5. Grafik distribusi temperatur mesin sangrai dengan lapisan *glass wool* dan *extruded polystyrene*

Ketika mesin sangrai diberi variasi lapisan isolator berupa kombinasi antara *glass wool* dan *extruded polystyrene*, grafik distribusi temperturnya seperti ditunjukkan pada gambar 5 diatas. Perubahan temperatur dari ke empat objek cukup fluktuatif, tetapi secara trend objek 1 dan objek 2 mengalami penurunan temperatur sedangkan objek 3 dan 4 mengalami kenaikan temperatur meski di awal sempat terjadi penurunan temperatur. Yang menyebabkan fluktuasi temperatur ini dimungkinkan karena sifat *glass wool* yang memiliki batas kemampuan dalam menyerap panas. Glasswool meredam panas dengan cara menyerap. Kelemahan sistem serap yaitu sangat bergantung pada ketebalan maka bila daya tampung sudah tidak memuat maka panas akan tetap memuai [4]. Selain sifat *glass wool*, sifat *extruded polystyrene* yang penggunaannya dikombinasikan dengan *glass wool* ini juga memiliki pengaruh terhadap fluktuasi temperatur yang terjadi. *Extruded polystyrene foam* memiliki konfigurasi sel tertutup yang memungkinkan untuk memperoleh nilai resistansi (R) yang tinggi sebagai ukuran untuk isolator. Nilai R menentukan kapasitas elemen untuk melawan panas. Semakin tinggi nilai R, semakin baik kemampuan bahan untuk melawan panas. Hal ini dapat mengurangi daya hantar panas yang keluar (*heat loss*) dari ruang sangrai [5].

Objek 1 memiliki temperatur awal sebesar $191,75^{\circ}\text{C}$ dan temperatur akhirnya sebesar 186°C ($\Delta T = 5,75^{\circ}\text{C}$). Objek 2 temperatur awal sebesar 141°C dan temperatur akhir sebesar

133,5⁰C ($\Delta T = 7,5^0\text{C}$). Objek 3 temperatur awal sebesar 149,75⁰C dan temperatur akhir sebesar 158⁰C ($\Delta T = -8,25^0\text{C}$). Objek 4 temperatur awal sebesar 152,75⁰C dan temperatur akhir sebesar 154,75⁰C ($\Delta T = -2^0\text{C}$).

d. Distribusi Temperatur Mesin Sangrai yang Dilapisi Aluminium Foil

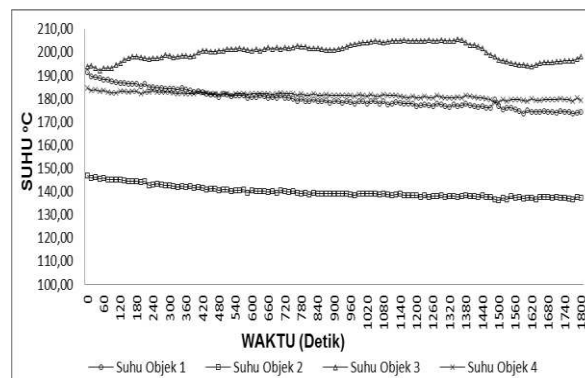


Gambar 6. Grafik distribusi temperatur mesin sangrai dengan lapisan *aluminium foil*

Berdasarkan grafik pada gambar 6 dapat diketahui bahwa secara keseluruhan objek mengalami penurunan temperatur. Distribusi temperatur terendah terjadi pada objek 2, hal ini disebabkan karena objek 2 mengukur perubahan temperatur di ruang bakar (tempat kompor) yang dimungkinkan karena *heatloss* di posisi ini lebih besar dibanding bagian lain. Pada pelapisan isolator berupa *aluminium foil* ini memang pada ruang bakar diberikan lubang yang untuk ventilasi udara masuk. Lubang ini dibuat agar pembakaran dapat terjadi, karena jika ditutup rapat udara tidak dapat memasuki ruang bakar sehingga pembakaran tidak bisa terjadi.

Perubahan temperatur masing – masing objek dari gambar 3 dijabarkan sebagai berikut : Pada objek 1 temperatur awal sebesar 197,75⁰C dan temperatur akhirnya sebesar 181,5⁰C ($\Delta T = 16,25^0\text{C}$). Objek 2 temperatur awal sebesar 162⁰C dan temperatur akhir sebesar 153,5⁰C ($\Delta T = 8,5^0\text{C}$). Objek 3 temperatur awal sebesar 199,5⁰C dan temperatur akhir sebesar 194⁰C ($\Delta T = 5,5^0\text{C}$). Objek 4 temperatur awal sebesar 193,25⁰C dan temperatur akhir sebesar 188,25⁰C ($\Delta T = 5^0\text{C}$).

e. Distribusi Temperatur Mesin Sangrai yang Dilapisi Aluminium Foil



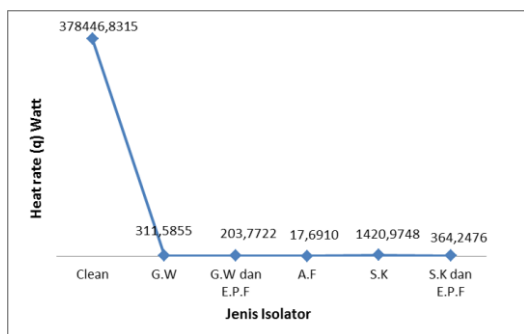
Gambar 7. Grafik distribusi temperatur mesin sangrai dengan lapisan serbuk kayu dan extruded polystyrene foam

Dari keempat objek pada gambar 7, hanya 3 objek yang mengalami tren penurunan temperatur yakni objek 1, 2 dan 4. Seperti pada kasus variasi isolator yang lain, objek 3 memiliki tren perubahan temperatur yang cenderung meningkat dan dalam kasus isolator campuran serbuk kayu dan *extruded polystyrene foam* ini perubahan temperaturnya cenderung fluktuatif. Berikut perincian perubahan temperatur masing – masing objek dari gambar 7 diatas, objek 1 memiliki temperatur awal sebesar 191,5⁰C dan temperatur akhirnya sebesar 174,25⁰C ($\Delta T = 17,25^0\text{C}$). Objek 2 temperatur awal sebesar 146,75⁰C dan temperatur akhir sebesar 137,25⁰C ($\Delta T = 9,5^0\text{C}$). Objek 3 temperatur awal sebesar 193,75⁰C dan temperatur akhir sebesar 198,25⁰C ($\Delta T = -4,5^0\text{C}$). Objek 4 temperatur awal sebesar 184,75⁰C dan temperatur akhir sebesar 179,25⁰C ($\Delta T = 5,5^0\text{C}$).

2. Pengaruh Variasi Isolator

Dalam penelitian ini digunakan lima variasi penambahan isolator dan 1 tanpa isolator sebagai pembanding. Untuk mengetahui adanya pengaruh variasi isolator, pada penelitian ini dilakukan melalui penghitungan *heat rate* dan konsumsi bahan bakar selama proses penyangraian yang dilakukan selama 30 menit pada setiap variasi. Penghitungan *heat rate* menggunakan rumus (2).

Hasil perhitungan dari ke enam variasi ditunjukkan pada grafik gambar 8.



Gambar 8. Grafik *heat rate* pada mesin sangrai

Keterangan gambar 8:

Clean : tanpa isolator

G.W : *glass wool*

G.W & E.P.F : *glass wool* dan *extruded polystyrene foam*

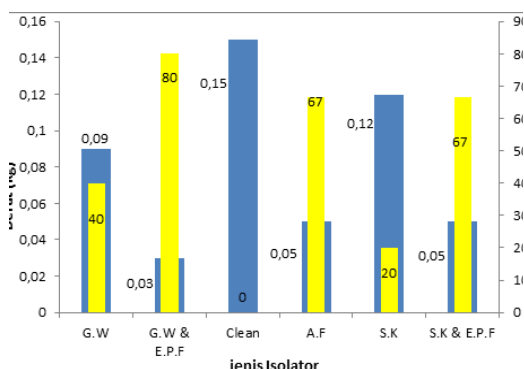
A.F : aluminium foil

S.K : serbuk kayu

S.K & E.P.F : serbuk kayu dan *extruded polystyrene foam*

Berdasarkan grafik pada gambar 8 diatas dapat diketahui bahwa *heat rate* tertinggi terjadi pada variasi tanpa pelapisan isolator pada dinding mesin sangrai, artinya laju perpindahan panas ke lingkungan pada variasi tanpa isolator ini tinggi. *Heat rate* terendah terjadi pada variasi dengan pelapisan aluminium foil, hal ini berkorelasi dengan nilai konduktivitas termal *aluminium foil*. Seperti kita ketahui bahwa *aluminium foil* memiliki nilai konduktivitas termal terendah diantara jenis isolator lainnya dan juga sifat *aluminium foil* yang reflektif terhadap panas, sehingga panas tidak mudah keluar ke lingkungan dan menjadikan laju perpindahan panasnya juga rendah.

3. Efisiensi Bahan Bakar



Gambar 9. Diagram batang konsumsi LPG

Keterangan gambar 9:

Clean : tanpa isolator

G.W : *glass wool*

G.W & E.P.F : *glass wool* dan *extruded polystyrene foam*

A.F : aluminium foil

S.K : serbuk kayu

S.K & E.P.F : serbuk kayu dan *extruded polystyrene foam*

Data diatas adalah perbandingan konsumsi bahan bakar (LPG) dengan pemakaian isolator dan tanpa pemakaian isolator. Didapatkan bahwa saat mesin sangrai tanpa isolator mengkonsumsi bahan bakar paling banyak yaitu sebesar 0,15 kg, sedangkan yang paling hemat yaitu aluminium foil dengan hanya 0,05 kg. Besar kecilnya konsumsi bahan bakar ditentukan oleh lama bukaan dari katup yang dikontrol oleh thermostat. Saat temperatur di termostat tercapai maka bukaan katup mengecil dan hanya digunakan untuk menstabilkan suhu saja bukan untuk menambah temperatur.

Data diatas adalah perbandingan konsumsi bahan bakar (LPG) dengan pemakaian isolator dan tanpa pemakaian isolator. Didapatkan bahwa saat mesin sangrai tanpa isolator mengkonsumsi bahan bakar paling banyak yaitu sebesar 0,15 kg , sedangkan yang paling hemat yaitu glasswool dan foam dengan hanya 0,03 kg didapatkan penghematan sebesar 80 % dibandingkan tanpa isolator. Besar kecilnya konsumsi bahan bakar ditentukan oleh lama bukaan dari katup yang dikontrol oleh thermostat. Saat temperatur di termostat tercapai maka bukaan katup kecil dan hanya digunakan untuk menstabilkan suhu saja bukan untuk menambah temperatur. Pada isolator glaswool + foam memiliki konduktifitas termal yang kecil dan juga ketebalan total sebesar 3,5 cm mampu meredam panas keluar dari dapur sangrai sehingga temperatur di dalam dapur dapat terjaga konstan. Konsumsi bahan bakar seharusnya berkorelasi terhadap *heat rate*.

Pada subbab sebelumnya ditunjukkan bahwa *heat rate* terendah dimiliki oleh isolator *aluminium foil* sehingga seharusnya bahan inilah yang mengonsumsi bahan bakar paling sedikit diantara isolator lainnya. Tetapi pada penelitian ini justru pada variasi isolator *aluminium foil* menghabiskan bahan bakar sebanyak 0,05 kg (lebih banyak dibandingkan dengan variasi isolator *glass wool* dan *foam*). Hal ini dimungkinkan terjadi karena pada saat variasi isolator *aluminium foil* pada ruang bakar tidak dapat ditutup secara rapat agar udara dapat masuk ke ruang bakar sehingga pembakaran tetap dapat terjadi. Sedangkan pada variasi isolator *glass wool* dan *foam* pada ruang bakar tertutup lebih rapat karena udara masih tetap dapat masuk melalui celah *glass wool* sehingga *heat loss* pada variasi isolator *aluminium foil* lebih besar dibanding variasi *glass wool* dan *foam*.

KESIMPULAN

Semakin kecil nilai konduktivitas termal bahan, *heat ratenya* juga akan semakin rendah artinya perpindahan panas ke lingkungan semakin rendah sehingga bahan bersifat isolator. Semakin rendah *heat rate* suatu material isolator, berkaitan dengan penggunaan bahan bakarnya (lpg) juga semakin efisien. Selain nilai konduktivitas termal suatu bahan, ketebalan suatu bahan isolator juga sangat berpengaruh terhadap *heat ratenya*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Budiharjo, Agus dan Sasongko., 2014, "Jaringan Pemasaran Kopi Rakyat di Kabupaten Jember".
- [2] Burlian, Firmansyah dan Khoirullah, I.M., 2014, "Pengaruh Variasi Ketebalan Isolator Terhadap Laju Kalor dan Penurunan Temperatur Pada Permukaan Dinding Tungku Biomassa". Seminar Nasional Mesin dan Industri (SNMI9)(2014).
- [3] DeWitt, Incropera., dan Lavine B., T.A, (2011), *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, 6th edition, John Wiley & Sons, Inc., New York. "Glasswool". https://en.wikipedia.org/wiki/Glass_wool
- [4] Pemerintah Kabupaten Jember. "Si Hitam Yang Menjanjikan". 30 September 2012. <http://jemberkab.go.id/si-hitam-yang-menjanjikan/>. "Produk *glass wool*". <http://www.insulasi.com/produk-112-glasswool.html>
- [5] Mintoogo, Widigdo dan Juniwati., 2013, "Efektivitas *Styrofoam* sebagai Isolator Panas pada Atap Miring di Surabaya". Laporan Penelitian (2013).